

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/002801 A1

(43) Date de la publication internationale
02 janvier 2020 (02.01.2020)

(51) Classification internationale des brevets :

A61N 1/04 (2006.01) *A61B 5/0402* (2006.01)
A61N 1/36 (2006.01) *A61B 5/0476* (2006.01)
A61H 1/00 (2006.01) *A61B 5/053* (2006.01)
A61B 5/04 (2006.01) *A61B 5/05* (2006.01)
A61B 5/0488 (2006.01) *A61N 2/00* (2006.01)

(74) Mandataire : **BREESE, Pierre** ; IP TRUST, 2 rue de Clichy, 75009 Paris (FR).

(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2019/051522

(22) Date de dépôt international :

21 juin 2019 (21.06.2019)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1856032 29 juin 2018 (29.06.2018) FR

(71) Déposant : **GA. PROMOTION** [FR/FR] ; 22, Impasse de l'Ouillette, 21200 BEAUNE (FR).

(72) Inventeurs : **GILLE, André** ; 22 Impasse de l'Ouillette, 21200 BEAUNE (FR). **BLONDELLE, Pascal** ; 29 rue Cape, 33200 BORDEAUX (FR). **FORGEOT, Hubert** ; 1245 Chemin de Behic, 64200 BASSUSSARRY (FR).

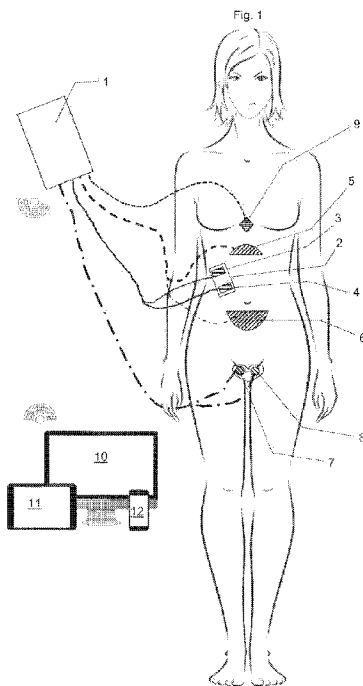
(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR NEUROMUSCULAR STIMULATION

(54) Titre : PROCÉDE ET SYSTEME DE STIMULATION NEURO-MUSCULAIRE

(57) Abstract: The invention relates to a stimulation method in which sequences of electrical pulses are applied by means of skin electrodes. Triggering of a sequence of pulses is controlled by detection of a physiological signal of a subject via biofeedback, wherein the frequency of the pulses is between 0.5 Hz and 200 Hz.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de stimulation consistant à appliquer par l'intermédiaire d'électrodes cutanées des séquences d'impulsions électriques. Le déclenchement d'une séquence d'impulsions est commandé par la détection d'un signal physiologique d'un sujet par rétroaction biologique, la fréquence des impulsions étant comprise entre 0,5 Hz et 200 Hz.



WO 2020/002801 A1

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

PROCEDE ET SYSTEME DE STIMULATION NEURO-MUSCULAIRE

Domaine de l'invention

La présente invention concerne le domaine de la stimulation neuro-musculaire consistant à provoquer le déclenchement par des impulsions électriques, magnétiques ou haptiques de la contraction musculaire d'un muscle atteint de parésie par lésion centrale ou par atteinte du nerf périphérique.

Le muscle dénervé perd son activité ce qui entraîne des conséquences sur sa structure et sa trophicité avec atrophie des fibres musculaires. Ces modifications débutent dès la première semaine suivant la dénervation et sont prépondérantes au cours du premier mois.

La stimulation d'un muscle dénervé se différencie de celle d'un muscle sain par le fait que l'activation des fibres musculaires requiert des stimulis particuliers.

En présence d'une lésion traumatique des nerfs périphériques, la mesure des chronaxies permet d'établir si la dénervation est faible, partielle ou totale.

Un traitement excito-moteur a pour but de maintenir le trophisme et de limiter la sclérose musculaire pour permettre au muscle d'être le plus fonctionnel possible à la fin du processus de réinnervation qui peut durer parfois plusieurs mois.

L'efficacité de ce type de traitement dépend beaucoup de la configuration correcte des paramètres de stimulation ; ceux-ci doivent être définis spécifiquement pour chaque patient et doivent évoluer avec le temps.

Les impulsions sont générées par un appareil et transmises par des électrodes placées sur la peau à proximité directe des muscles à stimuler ou encore par des excitations haptiques ou magnétiques. Les impulsions imitent le potentiel d'action provenant du système nerveux central, provoquant une

rétroaction biologique («biofeedback») sensitive musculaire, notamment une contraction des muscles.

La stimulation électrique neuro-musculaire est généralement utilisée comme intervention thérapeutique pour le renforcement musculaire. Elle peut être utilisée pour augmenter la force d'un muscle lésé ou sain. Elle est généralement utilisée sur les muscles superficiels des bras, de la ceinture scapulaire, périnéale ou abdominale, des jambes et du bas du dos. Une lésion isolée avec des réductions spécifiques de la force musculaire, telles que la faiblesse du quadriceps ou des paradorsaux lombaires ou des muscles pelviens est la dégradation la plus habituelle traitée par NMS («neuromuscular electrical stimulation») pour permettre la contraction des muscles paralysés suite à une lésion du système nerveux central, d'origine médullaire pouvant provoquer une paraplégie, ou d'origine cérébrale (accident vasculaire cérébral AVC) pouvant provoquer une hémiplégie ou encore originaire d'autres troubles neuromoteurs. Elle est également utilisée dans le domaine du sport pour l'entraînement des muscles et leur récupération après l'effort.

La neurostimulation est parfois associée à l'électromyographie (EMG) consistant à enregistrer les potentiels électriques émis par un muscle lors de sa contraction volontaire. L'EMG de surface donne accès aux muscles superficiels. Lors d'une contraction faible, on observe quelques potentiels d'unités motrices battant à basse fréquence. Lors d'une contraction plus forte, on observe un phénomène de recrutement temporel et spatial. L'amplitude de l'EMG est proportionnelle à la force de contraction délivrée par le muscle.

Les appareils utilisant l'EMG pour contrôler une stimulation électrique d'un muscle donné, nécessitent de placer sur ledit muscle soit cinq électrodes différentes et spécifiques, dont deux électrodes pour la stimulation électrique et trois électrodes pour l'EMG, soit une combinaison d'au moins trois électrodes, dont deux électrodes actives pour la

stimulation et pour la mesure EMG et une électrode de référence mise à la masse et à la terre.

Les électrodes utilisées dans ce type d'appareil doivent fournir une répartition électrique uniforme sur la peau d'une personne sous la surface entière de l'électrode, autrement dit une densité de courant constante par unité de surface de l'électrode pour assurer un couplage correct. En raison des courbes naturelles propres au corps humain, il est évident que les électrodes doivent non seulement être souples pour adhérer parfaitement aux contours de la peau sous l'électrode, mais également pour s'accommoder aux mouvements relatifs de la peau de la personne.

La stimulation peut aussi être réalisée par des vibrations mécaniques appliquées à la peau du patient au voisinage du muscle à rééduquer, ou par des excitations magnétiques.

Etat de la technique

On connaît dans l'état de la technique la demande de brevet européen EP3315168 qui décrit un système de neurostimulation dans le contexte de la restauration de la locomotion chez les patients souffrant d'une lésion de la moelle épinière (SCI) consiste à stimuler électriquement la moelle épinière au cours d'une marche volontaire et / ou assistée. Ce brevet propose d'administrer une stimulation épidurale de la moelle épinière électrique basée sur l'activité cérébrale contrôlée par un neurocapteur, tel qu'un réseau d'électrodes. De cette manière, l'application de la stimulation électrique peut être contrôlée en boucle fermée en réponse aux changements de l'activité cérébrale. Le procédé décrit dans ce brevet vise, dans un premier mode, à surveiller l'activité du cortex moteur tout en ne stimulant aucune fibre nerveuse et, dans un second mode, en stimulant le ou les fibres nerveuses et surveiller l'activité du cortex moteur pendant et après la stimulation de la ou des fibres nerveuses.

Cette solution concerne un contexte totalement différent de l'invention, à savoir l'utilisation des signaux d'activité du cortex pour commander des muscles non dénervés, dans les cas de lésions de la moelle épinière, alors que
5 l'invention concerne au contraire la rééducation d'un muscle, notamment dénervé d'un patient dont le système nerveux ne présente aucun trouble. Ce document de l'art antérieur ne présente donc aucune pertinence au regard de l'invention objet du présent brevet.

10

La demande de brevet US20180036531 concerne un système de contrôle des impulsions de stimulation. Les impulsions de stimulation sont connues dans la technique, en particulier la stimulation électrique musculaire (EMS) ou
15 vibratoire pour stimuler divers tissus biologiques tels que les muscles et les nerfs. Le but est de permettre aux athlètes d'apprendre, d'entraîner ou d'améliorer des séquences de mouvements optimales. Cette solution de l'art antérieur concerne un dispositif destiné à commander des impulsions de stimulation
20 lors d'une stimulation sur un utilisateur, comprenant un capteur, au moins une unité de traitement de données et au moins une unité à impulsions, dans lequel

a) le capteur convient pour mesurer une ou plusieurs valeurs mesurées,

25

b) l'unité de traitement de données est configurée pour générer un signal de commande à l'unité d'impulsions en fonction de la ou des valeurs mesurées du capteur ou des capteurs

c) l'unité d'impulsion est capable de déclencher des impulsions de stimulation et est configurée pour faire varier un
30 ou plusieurs paramètres d'impulsion de stimulation en fonction du signal de commande, en particulier lorsque le signal de commande est généré, une comparaison entre la ou les valeurs mesurées et le seuil est effectué.

35

Ce document ne concerne pas la rééducation d'un muscle, notamment dénervé, mais l'apprentissage de séquences de

mouvements par des cycles de stimulation visant à créer des réflexes pour un utilisateur sans troubles musculaires.

La demande de brevet US20180001086 décrit des feuilles souples pouvant être utilisées dans des systèmes, des procédés et des dispositifs de stimulation, de détection et d'enregistrement neuromusculaires. Généralement, de tels systèmes sont utilisés pour recevoir des signaux de pensée indiquant une action intentionnelle et fournir une stimulation électrique aux nerfs et / ou muscles afin de réaliser l'action envisagée, en contournant ou aidant ainsi une région / voie endommagée ou dégénérée du système nerveux. Les feuilles souples de la présente description peuvent être utilisées pour fabriquer des manchettes de stimulation neuromusculaire, également appelées ici "manchons neuronaux", qui délivrent une stimulation pour rétablir le mouvement dans des parties du corps non sous contrôle volontaire en raison de régions / voies neurales endommagées ou dégénérées, d'une lésion au cerveau ou à la moelle épinière, d'un accident vasculaire cérébral, d'une lésion nerveuse, d'une maladie neuro-motrice et d'autres affections. Le système peut également être utilisé chez un patient présentant une dégénérescence locale des neurones ou des muscles à des fins thérapeutiques ou de rééducation.

Ce document n'apporte pas de solution au domaine de la rééducation par stimulation d'un muscle, notamment dénervé.

La demande de brevet WO2016196784 décrit un procédé de rééducation d'un patient présentant une déficience motrice, comprenant les étapes consistant à :

- recevoir des signaux électriques d'électrodes placées sur ou dans la tête du patient;

- déterminer une intention de déplacer une partie spécifique du corps du patient à partir des signaux électriques; déterminer un niveau de mise au point du patient à partir des signaux électriques et basé sur l'intention de se déplacer et de se concentrer au niveau, délivrant une stimulation électrique à travers les électrodes de manchon d'un manchon positionné sur la

partie spécifique du corps du patient afin de provoquer le mouvement de la partie spécifique du corps.

L'intention de se déplacer est capté par différents capteurs et la stimulation n'est pas spécifique à un muscle donné
5 mais à un ensemble de muscles concernés par l'intention de mouvement.

Solution apportée par l'invention

Afin de remédier à cet inconvénient, l'invention concerne selon son acception la plus générale un procédé de
10 stimulation musculaire consistant à appliquer par l'intermédiaire d'électrodes cutanées des séquences d'impulsions caractérisé en ce que le déclenchement d'une séquence d'impulsions est commandé par la détection d'un signal physiologique de rétroaction biologique musculaire d'un sujet,
15 la fréquence des impulsions étant comprise entre 0,5 Hz et 200 Hz.

On entend par « signal physiologique de rétroaction biologique musculaire » ou en raccourci par « signal physiologique » un signal bioélectrique ou mécanique produit
20 par l'activation d'un muscle mesuré, volontairement par la décision d'un sujet participant activement à l'exercice et/ou involontairement (par exemple, après une activation artificielle du muscle mesuré par une stimulation électrique ou haptique). Un signal électro-encéphalographique (EEG) ou
25 électro-spinal n'est pas assimilé à un signal physiologique rétroaction biologique musculaire au sens du présent brevet car il ne permet pas de discerner un muscle particulier à rééduquer et ne permet pas de détecter l'activation d'un muscle dénervé.

30 Les stimulations sont soit de type électrique et appliquées par des électrodes formées par des éléments conducteurs de courant électrique, soit de type mécanique, sous

la forme de stimulation vibratoire transcutanée de 30 à 100 H appliquées par des électrodes constituées dans ce cas par des transducteurs, par exemple des transducteurs piézoélectriques. Le terme d'électrode recouvre, au sens du présent brevet, les
5 deux types d'applicateurs, à savoir un conducteur électrique ou un transducteur vibratoire électromécanique.

Selon des variantes indépendantes ou combinées entre elles :

- ledit signal physiologique est détecté par une
10 deuxième série d'électrodes cutanées différente d'une première série d'électrodes pour l'application de ladite séquences d'impulsions.

- ledit signal physiologique est détecté par la série d'électrodes cutanées utilisée pour l'application de ladite
15 séquence d'impulsions, le procédé comportant une étape pour extraire du signal de mesure les informations corrélées à ladite séquence d'impulsions.

- le déclenchement et le maintien d'une séquence d'impulsions est commandé par la détection d'une activité
20 musculaire en réponse d'une action du patient, en l'absence de stimulation, par des électrodes cutanées détectant un signal électromyographique de surface, la fréquence des impulsions étant comprise entre 0,5 Hz et 200 Hz.

- le procédé commande l'enregistrement de l'activité
25 musculaire simultanément au passage de la stimulation.

- ladite détection d'une activité musculaire correspond à la contraction d'un premier groupe musculaire et en ce que ladite séquence d'impulsions est appliquée à un deuxième groupe musculaire.

30 - ladite détection d'une activité musculaire correspond à la contraction d'un premier groupe musculaire et en ce que ladite séquence d'impulsions et d'enregistrement de l'activité musculaire est appliquée à un deuxième groupe musculaire.

- il comporte une étape de déclenchement d'une séquence d'impulsions commandée par la détection d'une activité musculaire involontaire en l'absence de stimulation et en l'absence d'action du patient, par des électrodes cutanées détectant un signal électromyographique de surface, la fréquence des impulsions étant inférieure à 10 Hz.

- l'énergie des impulsions est fonction des caractéristiques des signaux électromyographiques détectés.

- les impulsions électriques sont régulées en tension et en courant en fonction des caractéristiques des signaux électromyographiques détectés.

- il comporte l'acquisition d'un signal d'électromyographique et un traitement pour annuler dans le signal électrocardiogramme la composante correspondant audit signal d'électromyographique.

- il comporte en outre la génération d'un signal sonore fonction du signal électromyographique détecté.

- il comporte en outre la commande d'une source lumineuse au moment de la stimulation.

L'invention concerne également un système de stimulation musculaire pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention qui précède caractérisé en ce qu'il comporte au moins une électrode de stimulation et deux électrodes de détection et un ordinateur commandant la génération d'une séquence impulsionnelle de stimulation avec une fréquence comprise entre 0,5 Hz et 200 Hz, après la détection d'une activité musculaire en l'absence d'une stimulation.

Selon des variantes indépendantes ou combinées entre elles :

- Le système comporte en outre un capteur inertiel multidirectionnel solidaire d'une électrode cutanée.

- il comporte une pluralité de sorties délivrant le même signal EMG, pour le raccordement d'une pluralité d'électrodes pour rééduquer simultanément plusieurs ensembles musculaires.

5

- il comporte des moyens de communication radiofréquence pour la transmission des informations de stimulation et de détection des signaux physiologiques à un équipement distant.

10

- il comporte des moyens de stimulation vibratoire transcutanée de 30 à 100 Hz.

Description détaillée d'un exemple non limitatif de
l'invention

15

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée d'un exemple non limitatif de l'invention qui suit, se référant aux dessins annexés où :

- la figure 1 représente une vue schématique d'un système pour la mise en œuvre de l'invention

20

- la figure 2 représente une vue du schéma de principe d'un générateur pour un équipement selon l'invention.

Cadre général de l'invention

L'invention concerne de façon générale un procédé et un système de stimulation musculaire ou nerveuse par l'application par l'intermédiaire d'électrodes cutanées de séquences d'impulsions électriques.

Le but de l'électrostimulation musculaire (ESM) est de créer ou d'amplifier des contractions musculaires par une stimulation externe, afin notamment de rééduquer des défaillances du contrôle par le système nerveux central et périphérique d'un patient. L'électrostimulation musculaire envoie des impulsions électriques externes qui agissent au

30

travers de la peau. Dans les deux cas, le muscle réagit et se contracte. L'invention s'applique aussi à l'électrostimulation du nerf vague.

5 Les principaux avantages de l'utilisation de l'électrostimulation sont les suivants :

- Pendant l'électrostimulation, toutes les fibres musculaires travaillent simultanément, ce qui en fait une forme d'entraînement et de rééducation très efficace
- 10 • le groupe musculaire ou nerveux à traiter peut être déterminé sélectivement par l'apposition des électrodes cutanées.

L'invention concerne plus particulièrement l'utilisation de l'électrostimulation pour la rééducation, pour la récupération de la pleine maîtrise du contrôle musculaire.

15 Pour cela, le déclenchement de l'électrostimulation doit être corrélé avec une initiative volontaire du patient.

Dans l'art antérieur, il a été proposé de prendre en compte indirectement une telle initiative volontaire en incitant le patient à souffler dans un sifflet. Cette action induit l'activation de certains muscles à rééduquer, et se traduit aussi par l'émission synchrone d'un son qui sert de facteur déclenchant de la séquence de stimulation.

L'invention consiste à détecter non pas un tel son indirectement corrélé à la volonté du patient, mais un signal physiologique par un ou plusieurs capteurs bioélectriques cutanés. Ces signaux sont notamment :

- Des signaux d'électromyogramme (EMG) qui mesurent la tension des muscles
- 30 • Des signaux mécaniques provoqué par la contraction d'un muscle (par exemple sphincter ou muscles pelviens), détectés par un ballonnet produisant un signal électrique fonction de la pression exercée par l'action musculaire.

L'invention consiste à positionner sur le patient des capteurs cutanés permettant la détection des signaux

physiologiques choisis, à traiter le signal électrique détecté et à commander le déclenchement d'une séquence d'impulsions en fonction du résultat de ce traitement, par exemple par le dépassement d'un seuil.

5 La séquence des signaux d'électro-stimulation présente une fréquence des impulsions comprise entre 0,5 Hz et 200 Hz.

10 Si le signal physiologique est un signal ECG, le niveau électrique est de l'ordre du millivolt. Le traitement du signal comprend une amplification, un filtrage et un échantillonnage, par exemple à une fréquence d'échantillonnage comprise entre 5 et 15 kHz.

15 Un filtrage numérique permet d'éliminer les signaux de hautes fréquences secondaires à l'activité musculaire autre que cardiaque et aux interférences des appareils électriques. Un filtre basse fréquence permet de diminuer les ondulations de la ligne de base secondaire à la respiration.

20 Dans le cas de la détection de signaux d'électromyographie de surface (EMG de surface), les électrodes qui recueillent le signal sont placées directement sur la peau au regard du muscle à étudier. Cette détection consiste à enregistrer l'activité électrique des muscles et des nerfs.

Description d'un exemple de système de stimulation

25 La figure 1 illustre l'utilisation d'un système de stimulation pour la mise en œuvre de l'invention.

30 Il comprend un boîtier (1) électronique comportant un circuit électronique de mesure et de pilotage des impulsions électriques appliquées par l'intermédiaire d'électrodes, ainsi qu'un jeu d'électrodes.

Ces électrodes comprennent :

- un patch (2) présentant à sa surface deux électrodes de mesure (3, 4). Ces électrodes sont reliées à

l'entrée de mesure du signal EMG, et sont placées sur la zone des muscles expirateurs du patient

- une paire d'électrodes de stimulation abdominale (5 ; 6)
- une paire d'électrodes de stimulation pelvienne (7 ; 8)
- 5 - une électrode référentielle de masse (9).

Le boîtier électronique (1) communique par ailleurs avec des équipements informatiques connectés, par exemple un ordinateur (10), une tablette (11) ou un téléphone cellulaire (12) pour recevoir les informations acquises et traitées par le
10 boîtier (1) et pour transmettre des paramètres de réglage.

Typologie des capteurs de signaux physiologiques

Les capteurs destinés à l'acquisition des signaux physiologiques de rétroaction biologique musculaire sont selon les variantes choisies :

- 15 - Des électrodes électriques cutanées distinctes physiquement des électrodes électriques de stimulation, par exemple des pastilles conductrices disposés sur un support apte à être appliqué contre la peau et maintenu par un adhésif biocompatible, un bandeau ; ou encore des textiles
20 intelligents intégrant des fils ou des pastilles conductrices
 - Une ou plusieurs électrodes à double-fonction, servant alternativement à la captation d'un signal physiologique et à l'application d'un signal d'électrostimulation. Dans ce cas, le circuit électronique
25 comporte un hacheur avec deux interrupteurs électroniques permettant de relier l'électrode commune alternativement à l'entrée et à la sortie du circuit.
 - Un ballonnet équipé d'un capteur de pression, délivrant un signal fonction de l'effort exercé par un muscle.
 - 30 - Un capteur inertiel multidirectionnel solidaire d'une électrode cutanée.

Typologie des modes de stimulation

La stimulation électrique via des électrodes conductrices appliquées sur la peau du patient au voisinage du muscle à rééduquer peuvent être remplacées par des stimulations haptiques appliquées par un transducteur électromagnétique sur la peau du patient au voisinage du muscle à rééduquer.

Elle peut aussi être appliquée par un champs magnétique pulsé, appliqué au voisinage du muscle à rééduquer.

Les électrodes électriques sont alors remplacées par un dispositif pour la stimulation magnétique localement, comprenant au moins deux bobines magnétiques, qui sont connectées au stimulateur par l'intermédiaire d'un module de puissance pour générer le courant pulsé avec un courant adapté aux bobines magnétiques.

Cette solution constitue une alternative à l'électrostimulation fonctionnelle, dans laquelle un muscle ou un nerf est stimulé électriquement via des électrodes de contact afin d'effectuer une contraction musculaire afin de soutenir ou de remplacer certains processus physiologiques. La stimulation magnétique fonctionnelle entraîne une contraction musculaire, déclenchée sans contact par des champs magnétiques appropriés.

Le dispositif d'application pour des muscles pelviens peut prendre la forme d'une chaise dont l'assise intègre les bobines magnétiques.

Description du circuit électronique

La figure 2 représente une vue schématique du circuit électronique.

Il comprend une batterie (20) qui alimente un circuit générateur et contrôleur de tension (21).

Ce circuit (21) reçoit en entrée la mesure de la résistance transcutanée mesurée par les électrodes de mesure (3, 4) et produit une tension de commande V_{total} tel que :

$$V_{total} = R_{3,4} \times I_{stim} \times 1,2$$

5

Où

- $R_{3,4}$ désigne la résistance transcutanée mesurée par les électrodes de mesure (3, 4). Cette valeur est typiquement de l'ordre de 500 ohms

- I_{stim} désigne le niveau de courant de stimulation paramétré par le praticien.

10

Cette tension alimente un circuit composé de 4 commutateurs électroniques, notamment de 4 thyristors (22 à 25) qui permet de commander le passage de la tension de stimulation soit dans un sens, lorsque les interrupteurs (23 et 25) sont fermés, ou dans le sens inverse lorsque les interrupteurs (22 et 24) sont fermés.

15

Ce pont de thyristors est relié à un circuit de délestage (26) contrôlant la tension $V_{délest}$ pour que

$$V_{total} = V_{stim} + V_{délest}$$

20

Où V_{stim} désigne le niveau de tension absorbée par le patient à travers les électrodes au regard du courant qui est paramétré par le praticien.

Cette tension dépend du comportement complexe de l'impédance des tissus de l'individu, le circuit global déleste et limite la tension applicable pour éliminer les pics de tensions issus de cette relation complexe. L'élément complexe classique produira un pic initial qui redescendra vers la tension nominale. Ce pic est à la fois désagréable et peu maîtrisable, Ce montage le fait disparaître ou le limite fortement.

25

Ce circuit de délestage (26) est relié à un contrôleur de courant (28) par l'intermédiaire d'un fusible (27).

30

Ce contrôleur de courant (28) pilote une pente de courant par rapport à la consigne, pour une évolution temporelle avec une première période d'augmentation du courant, puis de

35

maintien à un plateau de courant, puis de baisse du courant jusqu'à 0.

Dans le cas d'une stimulation magnétique, un module de puissance convertit les signaux électriques de stimulation en signaux électriques pulsés alimentant les bobines magnétiques.

Indicateur qualitatif

Selon une variante, on enregistre l'intensité du signal physiologique de rétroaction biologique avec stimulation et l'intensité du signal physiologique de rétroaction biologique sans stimulation pour calculer sur une période temporelle donnée la différence des deux intensités et calculer un indicateur qualitatif.

Selon une autre variante, on enregistre, pendant les périodes d'application d'un signal électrique de stimulation sur une même zone musculaire (soit par des électrodes distinctes et voisines, soit par une électrode commune à la stimulation et le recueil du signal physiologique de rétroaction biologique), on enregistre la différence d'intensité entre le signal physiologique de rétroaction biologique et le signal de stimulation, pour calculer un profil représentatif du degré de rééducation.

Ces indicateurs sont exploités pour commander un indicateur visuel, par exemple une série de leds activées en fonction du niveau du signal de différence, ou un indicateur graphique.

Revendications

1 – Système de stimulation musculaire comprenant un générateur de signaux électriques, au moins une électrode pour appliquer un signal de stimulation cutané et un moyen de déclenchement de l'émission d'un signal électrique de stimulation caractérisé en ce qu'il comporte en outre au moins un capteur de détection d'un signal physiologique de rétroaction biologique musculaire, ledit générateur de signal électrique étant commandé par un ordinateur pour déclencher la génération d'une séquence impulsionnelle de stimulation avec une fréquence comprise entre 0,5 Hz et 200 Hz, lors de la détection par ledit ordinateur dudit signal physiologique de rétroaction biologique musculaire en l'absence de stimulation.

2 – Système de stimulation musculaire selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de communication radiofréquence pour la transmission des informations de stimulation et de détection des signaux physiologiques à un équipement distant.

3 – Système de stimulation musculaire selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte en outre un capteur inertiel multidirectionnel solidaire d'une électrode cutanée.

4 – Système de stimulation musculaire selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité de sorties délivrant le même signal de stimulation, pour le raccordement d'une pluralité d'électrodes pour rééduquer simultanément plusieurs ensembles musculaires.

5 – Système de stimulation musculaire selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de

stimulation vibratoire transcutanée de 30 à 100 Hz alimentés par ledit signal de stimulation.

5 6 - Système de stimulation musculaire selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de stimulation magnétique transcutanée de 30 à 100 Hz comprenant des bobines magnétiques alimentées par ledit signal de stimulation.

10 7 - Système de stimulation musculaire selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il une première série d'électrodes électriques pour l'application de ladite séquences d'impulsions et une deuxième série d'électrodes électriques cutanées différente pour la détection d'un signal physiologique
15 de rétroaction biologique.

8 - Système de stimulation musculaire selon la revendication précédente caractérisé en ce que ladite première série d'électrodes et ladite deuxième série d'électrodes
20 cutanées sont disposés sur un même support cutané.

9 - Procédé de stimulation consistant à appliquer sur la peau du patient des séquences d'impulsions de stimulation caractérisé en ce que le déclenchement d'une séquence
25 d'impulsions est activé par la détection d'un signal physiologique de rétroaction biologique par au moins un capteur cutanés, la fréquence des impulsions étant comprise entre 0,5 Hz et 200 Hz.

30 10 - Procédé de stimulation selon la revendication 9 caractérisé en ce que ledit signal physiologique de rétroaction biologique est détecté par la série d'électrodes cutanées utilisée pour l'application de ladite séquence d'impulsions, le procédé comportant une étape pour extraire du signal de mesure
35 les informations corrélées à ladite séquence d'impulsions.

11 - Procédé de stimulation selon la revendication 9 caractérisé en ce que le déclenchement et le maintien d'une séquence d'impulsions est commandée par le signal délivré par le capteur de détection d'un signal physiologique de rétroaction biologique en réponse d'une action du patient, en l'absence de stimulation, par des électrodes cutanées détectant un signal électromyographique de surface, la fréquence des impulsions étant comprise entre 0,5 Hz et 200 Hz.

10

12 - Procédé de stimulation musculaire selon la revendication 9 caractérisé en ce que l'on commande l'enregistrement de l'intensité du signal physiologique de rétroaction biologique simultanément au passage de la stimulation et en ce que l'on calcule un indicateur fonction de la différence de l'intensité du signal physiologique de rétroaction biologique avec stimulation et de l'intensité du signal physiologique de rétroaction biologique sans stimulation.

20

13 - Procédé de stimulation musculaire selon la revendication 9 caractérisé en ce qu'il comporte une étape de déclenchement d'une séquence d'impulsions commandée par la détection d'une activité musculaire involontaire en l'absence de stimulation et en l'absence d'action du patient, par des électrodes cutanées détectant un signal électromyographique de surface, la fréquence des impulsions étant inférieure à 10 Hz.

25

14 - Procédé de stimulation musculaire selon la revendication 13 caractérisé en ce que l'énergie des impulsions est fonction des caractéristiques des signaux électromyographiques détectés.

30

15 - Procédé de stimulation musculaire selon la revendication 9 à 14 caractérisé en ce que les impulsions

électriques sont régulées en tension et en courant en fonction des caractéristiques des signaux électromyographiques détectés.

16 - Procédé de stimulation musculaire selon la revendication 9 caractérisé en ce qu'il comporte l'acquisition d'un signal d'électrocardiogramme et un traitement pour annuler dans le signal d'électromyographique la composante correspondant audit d'électrocardiogramme.

17 - Procédé de stimulation musculaire selon la revendication 9 caractérisé en ce qu'il comporte en outre la génération d'un signal sonore fonction du signal électromyographique détecté.

18 - Procédé de stimulation musculaire selon la revendication 9 caractérisé en ce qu'il comporte en outre la commande d'une source lumineuse au moment de la stimulation.

1/2
Fig. 1

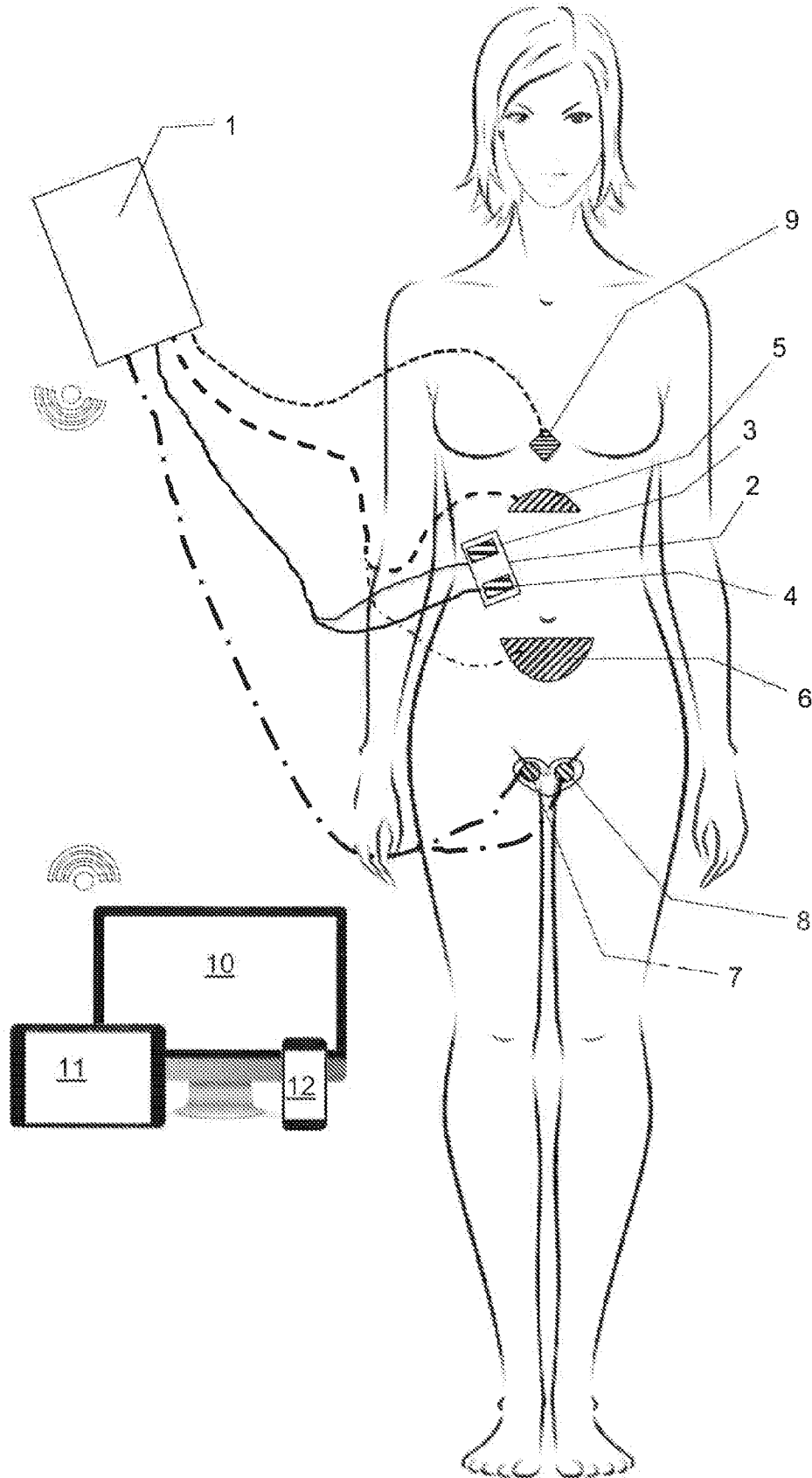
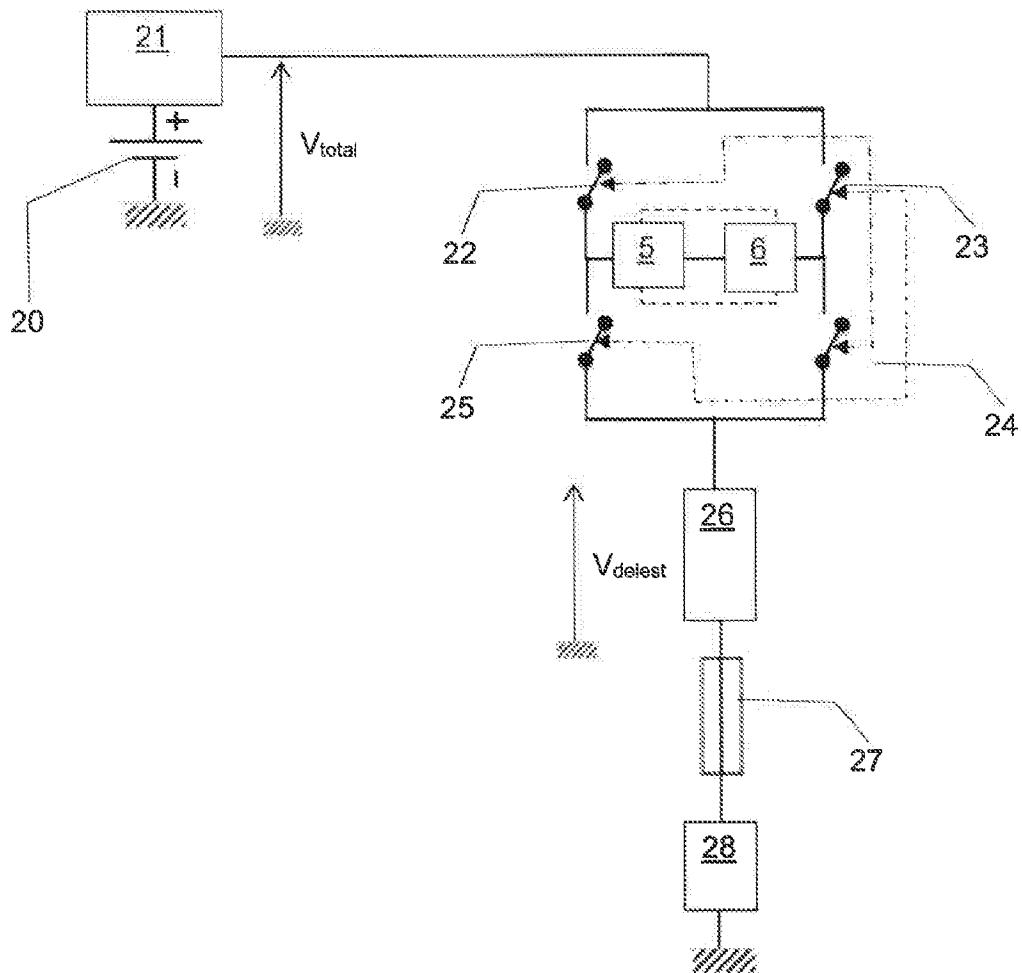


Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2019/051522**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

A61N 1/04(2006.01)i; **A61N 1/36**(2006.01)i; **A61H 1/00**(2006.01)i; **A61B 5/04**(2006.01)i; **A61B 5/0488**(2006.01)i;
A61B 5/0402(2006.01)i; **A61B 5/0476**(2006.01)i; **A61B 5/053**(2006.01)i; **A61B 5/05**(2006.01)i; **A61N 2/00**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61N; A61H; A61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 3315168 A1 (ECOLE POLYTECHNIQUE FED DE LAUSANNE EPFL EPFL TTO [CH]) 02 May 2018 (2018-05-02) paragraphs [0002], [0019] - [0030]; figure 1A	1
X	US 2018036531 A1 (SCHWARZ PHILIPP G [DE] ET AL) 08 February 2018 (2018-02-08)	1-5,7,8
Y	paragraphs [0054], [0150] - [0189], [0285], [0290], [0311]; claim 1; figures 1,5	1,6
Y	US 2018001086 A1 (BARTHOLOMEW JOHN [US] ET AL) 04 January 2018 (2018-01-04) paragraph [0041]	1
Y	WO 2016196784 A1 (BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE [US]) 08 December 2016 (2016-12-08) claim 1	1
Y	WO 2017035512 A1 (UNIV CALIFORNIA [US]) 02 March 2017 (2017-03-02) paragraphs [0002], [0227]	6

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 August 2019

Date of mailing of the international search report

04 September 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

**European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands**

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Gentil, Cédric

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2019/051522

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.: **9-18**
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
PCT Rule 39.1(iv) – methods for treatment of the human or animal body by therapy.

The stimulation method according to claims 9 to 18 includes the application of sequences of stimulation pulses onto the skin of a patient (see claim 9) for therapeutic purposes (see the description on page 1, lines 1-24) and therefore defines a method for treatment of the human or animal body by therapy, for which no international search has to be carried out; PCT Rule 39.1(iv).
2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2019/051522

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	3315168	A1	02 May 2018	EP	3315168	A1	02 May 2018
				US	2018117318	A1	03 May 2018
US	2018036531	A1	08 February 2018	CN	107529995	A	02 January 2018
				EP	3259016	A2	27 December 2017
				US	2018036531	A1	08 February 2018
				WO	2016131936	A2	25 August 2016
US	2018001086	A1	04 January 2018	NONE			
WO	2016196784	A1	08 December 2016	EP	3302691	A1	11 April 2018
				US	2018333575	A1	22 November 2018
				WO	2016196784	A1	08 December 2016
WO	2017035512	A1	02 March 2017	US	2018280693	A1	04 October 2018
				WO	2017035512	A1	02 March 2017

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n° PCT/FR2019/051522

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE		
INV. A61N1/04	A61N1/36	A61H1/00
A61B5/0402	A61B5/0476	A61B5/053
A61B5/04	A61B5/05	A61B5/0488
A61N2/00		
ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) A61N A61H A61B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 3 315 168 A1 (ECOLE POLYTECHNIQUE FED DE LAUSANNE EPFL EPFL TTO [CH]) 2 mai 2018 (2018-05-02) alinéas [0002], [0019] - [0030]; figure 1A -----	1
X	US 2018/036531 A1 (SCHWARZ PHILIPP G [DE] ET AL) 8 février 2018 (2018-02-08)	1-5,7,8
Y	alinéas [0054], [0150] - [0189], [0285], [0290], [0311]; revendication 1; figures 1,5 -----	1,6
Y	US 2018/001086 A1 (BARTHOLOMEW JOHN [US] ET AL) 4 janvier 2018 (2018-01-04) alinéa [0041] -----	1

-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
28 août 2019	04/09/2019	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé	
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Gentil, Cédric	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n° PCT/FR2019/051522

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	WO 2016/196784 A1 (BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE [US]) 8 décembre 2016 (2016-12-08) revendication 1	1
Y	----- WO 2017/035512 A1 (UNIV CALIFORNIA [US]) 2 mars 2017 (2017-03-02) alinéas [0002], [0227] -----	6

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALEDemande internationale n°
PCT/FR2019/051522**Cadre n° II Observations - lorsqu'il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (suite du point 2 de la première feuille)**

Le rapport de recherche internationale n'a pas été établi en ce qui concerne certaines revendications conformément à l'article 17.2)a) pour les raisons suivantes :

1. Les revendications n^{os} 9-18 se rapportent à un objet à l'égard duquel l'administration chargée de la recherche internationale n'est pas tenue de procéder à la recherche, à savoir :
voir FEUILLE ANNEXÉE PCT/ISA/210
2. Les revendications n^{os} parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande internationale qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier :
3. Les revendications n^{os} parce qu'elles sont des revendications dépendantes et ne sont pas rédigées conformément aux dispositions de la deuxième et de la troisième phrases de la règle 6.4.a).

Cadre n° III Observations - lorsqu'il y a absence d'unité de l'invention (suite du point 3 de la première feuille)

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs inventions dans la demande internationale, à savoir:

1. Comme toutes les taxes additionnelles exigées ont été payées dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale porte sur toutes les revendications pouvant faire l'objet d'une recherche.
2. Comme toutes les revendications qui se prêtent à la recherche ont pu faire l'objet de cette recherche sans effort particulier justifiant des taxes additionnelles, l'administration chargée de la recherche internationale n'a sollicité le paiement d'aucunes taxes de cette nature.
3. Comme une partie seulement des taxes additionnelles demandées a été payée dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur les revendications pour lesquelles les taxes ont été payées, à savoir les revendications n^{os}.
4. Aucune taxes additionnelles demandées n'ont été payées dans les délais par le déposant. En conséquence, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications; elle est couverte par les revendications n^{os}.

- Remarque quant à la réserve**
- Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant et, le cas échéant, du paiement de la taxe de réserve.
- Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant mais la taxe de réserve n'a pas été payée dans le délai prescrit dans l'invitation.
- Le paiement des taxes additionnelles n'était assorti d'aucune réserve.

SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDIQUES SUR PCT/ISA/ 210

Suite du cadre II.1

Revendications nos.: 9-18

Règle 39.1(iv) PCT - Méthode de traitement par thérapie.
Le procédé de stimulation selon les revendications 9 à 18 comprend l'application sur la peau d'un patient de séquences d'impulsions de stimulations (cf. revendication 9) à des fins thérapeutiques (cf. description, p. 1, l. 1-24), et définit par conséquent une méthode de traitement du corps humain ou animal par thérapie pour laquelle aucune recherche internationale n'est nécessaire; Règle 39.1(iv) PCT.

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2019/051522

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3315168	A1	02-05-2018	EP 3315168 A1	02-05-2018
			US 2018117318 A1	03-05-2018

US 2018036531	A1	08-02-2018	CN 107529995 A	02-01-2018
			EP 3259016 A2	27-12-2017
			US 2018036531 A1	08-02-2018
			WO 2016131936 A2	25-08-2016

US 2018001086	A1	04-01-2018	AUCUN	

WO 2016196784	A1	08-12-2016	EP 3302691 A1	11-04-2018
			US 2018333575 A1	22-11-2018
			WO 2016196784 A1	08-12-2016

WO 2017035512	A1	02-03-2017	US 2018280693 A1	04-10-2018
			WO 2017035512 A1	02-03-2017
